

**PENGARUH SUHU *PREHEATING* 200° C SEBELUM
DILAKUKAN PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING*
DENGAN BENTUK PIN YANG BERBEDA PADA
MATERIAL AA-1100 TERHADAP PERUBAHAN SIFAT
FISIS DAN MEKANIS**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh:
MUCHAMAD ARIFIN
D 200 140 042**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH SUHU *PREHEATING* 200° C SEBELUM DILAKUKAN
PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING* DENGAN BENTUK PIN
YANG BERBEDA PADA MATERIAL AA-1100 TERHADAP
PERUBAHAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

MUCHAMAD ARIFIN

D 200 140 042

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Ir. Bibit Sugito, M.T.

NIDN.0616106001

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH SUHU *PREHEATING* 200° C SEBELUM DILAKUKAN
PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING* DENGAN BENTUK PIN
YANG BERBEDA PADA MATERIAL AA-1100 TERHADAP
PERUBAHAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS**

OLEH

MUCHAMAD ARIFIN

D 200 140 042

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 23 Mei 2019
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Ir. Bibit Sugito, M.T.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Nurmuntaha A.N, S.T, M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Ir. Masyrukan, M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)**


(.....)

(.....)

(.....)



Dekan

Ir. Sri Sunariono, M.T., Ph.D.

NIK.682

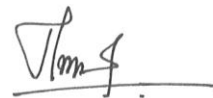
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesajarnaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 29 Mei 2019

Penulis



Muchamad Arifin

D 200 140 042

**PENGARUH SUHU *PREHEATING* 200° C SEBELUM DILAKUKAN
PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING* DENGAN BENTUK
PIN YANG BERBEDA PADA MATERIAL AA-1100 TERHADAP
PERUBAHAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS**

Abstrak

Friction stir welding (FSW) adalah proses penyambungan logam dimana sebuah tool yang berputar dimakamkan sepanjang garis sambungan antara dua benda kerja. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan adalah proses perlakuan panas preheating. Pada penelitian ini dilakukan pengelasan pada aluminium 1100 dengan ukuran 150 x 50 x 3 mm dengan putaran tools 1500 rpm dan feedrate 60 mm/menit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu preheating 200° C terhadap sifat fisis dan mekanis pada sambungan aluminium 1100 menggunakan metode friction stir welding. Dari hasil penelitian ini didapatkan tegangan tarik maksimum dan regangan tarik maksimum diperoleh pada profil pin segiempat sebesar 97,97 Mpa dan 18,34 %. Dari hasil uji kekerasan vickers profil pin bulat memiliki kekerasan rata-rata paling tinggi yaitu pada las 30 VHN, haz 31,33 VHN, base 32,66 VHN sedangkan nilai kekerasan paling rendah didapatkan profil pin segiempat sebesar 27,66 pada las, 27,33 pada haz, dan 30,33 pada base. Dari pengamatan struktur mikro terdapat daerah terang yang merupakan fasa Al dan daerah gelap yang merupakan fasa FeAl₃.

Kata kunci : friction stir welding, preheating, AA-1100, struktur mikro.

Abstract

Friction stir welding (FSW) is the process of connecting metals where a rotating tool is eaten along the joint line between two workpieces. One of the factors that can influence the results of welding is the preheating heat treatment process. In this study welding was carried out on aluminum 1100 with a size of 150 x 50 x 3 mm with a tool rotation of 1500 rpm and a feedrate of 60 mm / minute. This study aims to determine the effect of 200 ° C preheating temperature on the physical and mechanical properties of the 1100 aluminum joint using the friction stir welding method. From the results of this study, the maximum tensile stress and maximum tensile strain were obtained on quadrilateral pin profiles of 97.97 Mpa and 18.34%. From the results of vickers hardness test, the round pin profile has the highest average hardness, that is at 30 VHN welds, haz 31.33 VHN, base 32.66 VHN while the lowest hardness value is obtained by rectangular pin profile of 27.66 at weld, 27, 33 in haz, and 30.33 in base. From the observation of the micro structure there is a bright area which is the Al phase and the dark region which is the FeAl₃ phase.

Keywords: friction stir welding, preheating, AA-1100, micro structure.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi terus mengalami perkembangan salah satunya pengerjaan logam yang menuntut adanya peningkatan dari segi desain dan rancangan struktur kuat dan ringan. Logam yang masuk kategori tersebut yaitu aluminium karena memiliki ciri-ciri lunak, ringan, tahan korosi, kekuatan tarik relatif tinggi, dan dapat ditempa dengan baik. Karena memiliki keunggulan diatas menyebabkan aluminium banyak digunakan di bidang industri manufaktur. Berdasarkan definisi dari DIN (Deutch Industrie Normen) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,2000).

Proses pengelasan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu *Liquid State Welding* (LSW) dan *Solid State Welding* (SSW). *Liquid State Welding* adalah proses pengelasan logam dengan cara mencairkan logam induk secara bersamaan sedangkan *Solid State Welding* adalah proses pengelasan logam yang dilakukan dalam kondisi logam induk tidak mencapai titik leburnya pada saat tersambung.

Salah satu metode *Solid State Welding* adalah *Friction Stir Welding* (FSW) yaitu proses pengelasan solid-state dimana sebuah tool yang berputar dimakamkan sepanjang garis sambungan antara dua benda kerja. Tool yang berputar dan dimakamkan pada garis sambungan tersebut menghasilkan panas serta secara mekanis menggerakkan logam untuk membentuk sambungan las. *Friction Stir Welding* (FSW) merupakan suatu proses pengelasan baru yang ditemukan di TWI (*The Welding Institute*) di Inggris pada tahun 1991 (Freeman, 2003).

Pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) sering diaplikasikan didunia perindustrian. Biasanya diaplikasikan pada logam aluminium atau pada *dissimilar* logam. Di negara maju telah mengaplikasikan pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) ini pada industri pembuatan kapal, pesawat terbang, pesawat luar angkasa, kereta api bahkan didunia otomotif sudah mengaplikasikan metode pengelasan ini.

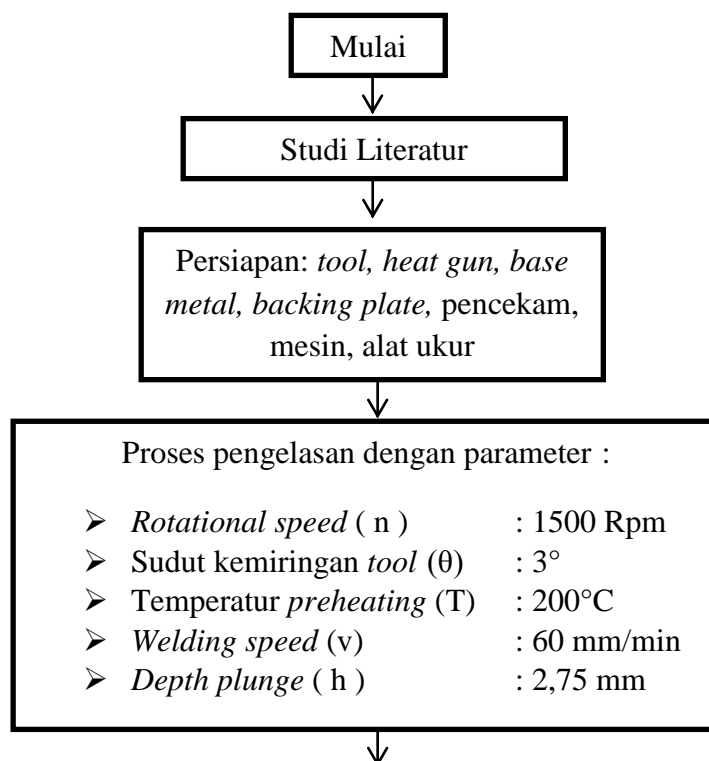
Pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) untuk mendapatkan hasil yang baik dan benar harus memperhatikan parameter, seperti putaran tool (rotation speed),

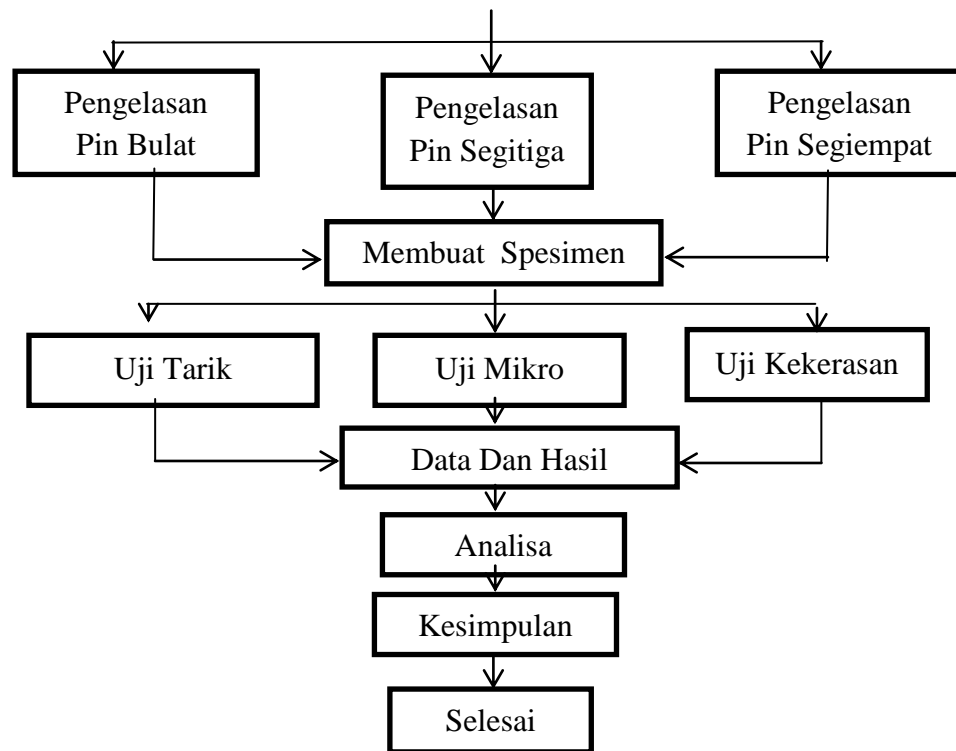
kecepatan pengelasan (welding speed), kedalaman penetrasi tool (tool deep plunge), sudut kemiringan tool terhadap benda kerja, dan bentuk dari profil pin. Selain pemilihan parameter yang tepat untuk mendapatkan hasil pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) yang baik juga diperlukan proses *preheating* untuk mendapatkan proses pengelasan yang sifat fisis dan mekanisnya dapat diubah sesuai kebutuhan untuk proses selanjutnya. Proses *preheating* menurut ASW (American Welding Society) adalah panas yang diberikan kepada logam yang akan dilas untuk mendapatkan dan memelihara preheat temperature. Sedangkan preheat temperature sendiri definisinya adalah suhu dari logam induk (base metal) disekitar area yang akan di las ,sebelum pengelasan itu dimulai.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas pada hasil pengelasan dengan metode *Friction Stir Welding* (FSW) pada aluminium seri 1100 terhadap sifat fisis dan mekanis. Dari penelitian ini, penulis berharap mendapatkan kesimpulan sifat fisis dan mekanis dari hasil pengelasan dengan metode *Friction Stir Welding* (FSW) yang di *preheating*.

2. METODE

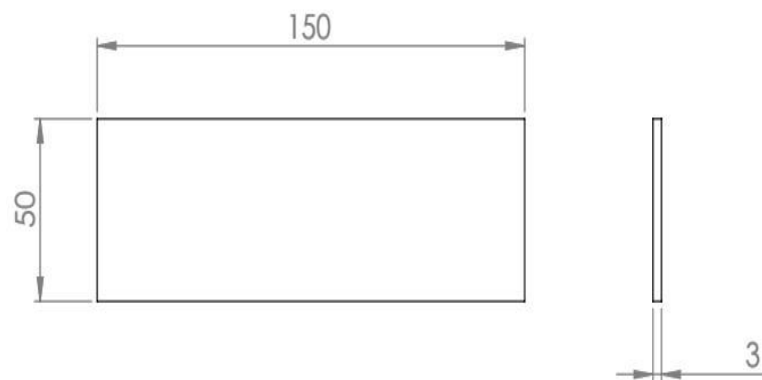
2.1 Diagram Alir Penelitian





2.2 Bahan & Alat Penelitian

2.2.1 Bahan



Gambar 1. Pelat aluminium 1100

2.2.2 Alat



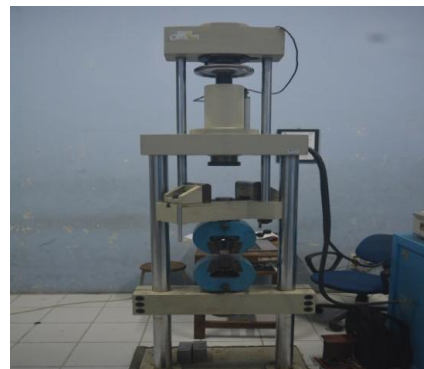
Gambar 2. Mesin *milling* universal



Gambar 3. Head Gun



Gambar 4. Thermometer



Gambar 5. Alat uji tarik



Gambar 7. Alat uji kekerasan



Gambar 8. Alat uji struktur mikro



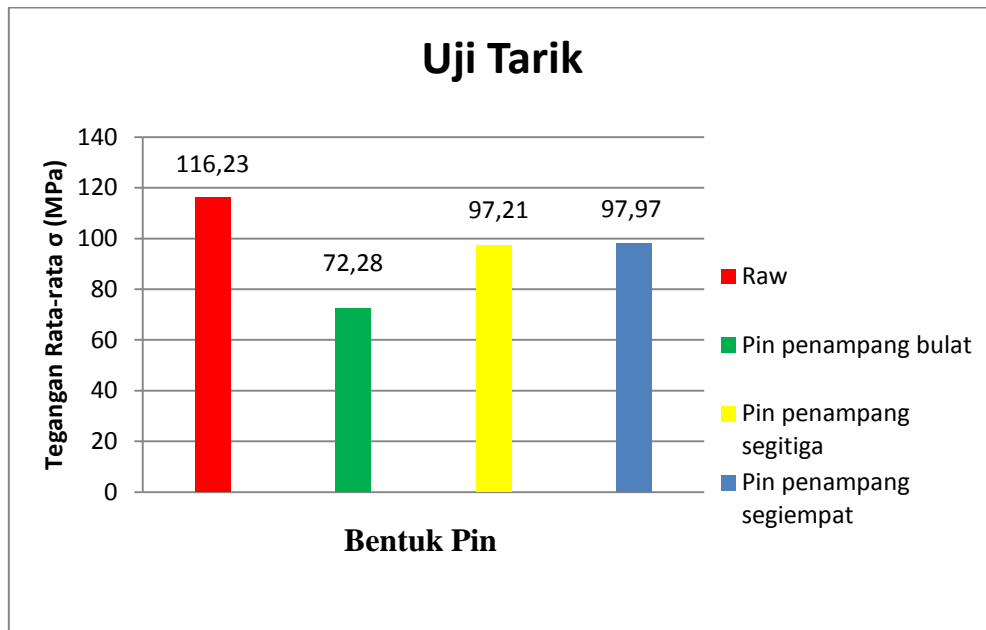
Gambar 9. Probe

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengujian Tarik dan Pembahasannya

Tabel 1. nilai tegangan hasil uji tarik

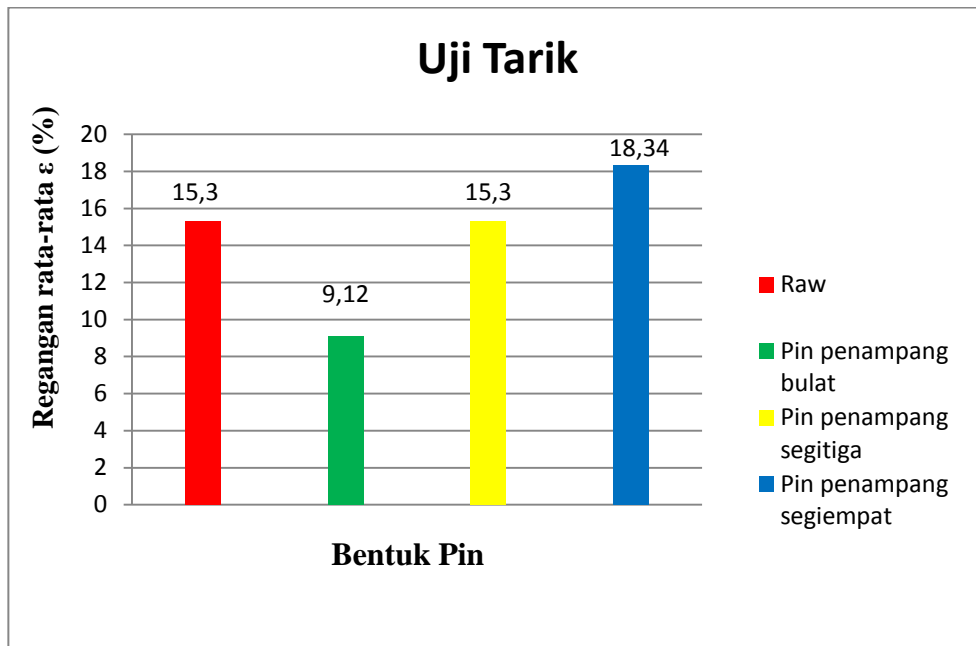
No	Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Tegangan, σ (MPa)	Tegangan rata rata σ (Mpa)
1	Raw	2.95	12.57	116.23	116.23
2	Pin Bulat	2.97	12.60	53.18	72.28
3		2.99	12.53	77.94	
4		2.96	12.73	85.72	
5	Pin Segitiga	2.87	12.58	97.49	97.21
6		2.83	12.57	96.70	
7		2.84	12.72	97.44	
8	Pin Segiempat	2.75	12.75	96.97	97.97
9		2.70	12.61	101.62	
10		2.76	12.77	95.33	



Gambar 10. Hubungan antara bentuk pin dengan tegangan

Tabel 2. Nilai regangan hasil uji tarik

No	Spesimen	Δl	Regangan, ϵ (%)	Regangan rata-rata ϵ (%)
1	Raw	7.65	15.30	15.30
2	Pin Bulat	3.84	7.68	9.12
3		3.91	7.82	
4		5.94	11.88	
5	Pin Segitiga	6.86	13.72	15.3
6		7.86	15.72	
7		8.23	16.46	
8	Pin Segiempat	8.66	17.32	18.34
9		9.54	19.08	
10		9.32	18.64	



Gambar 11. Hubungan antara bentuk pin dengan regangan

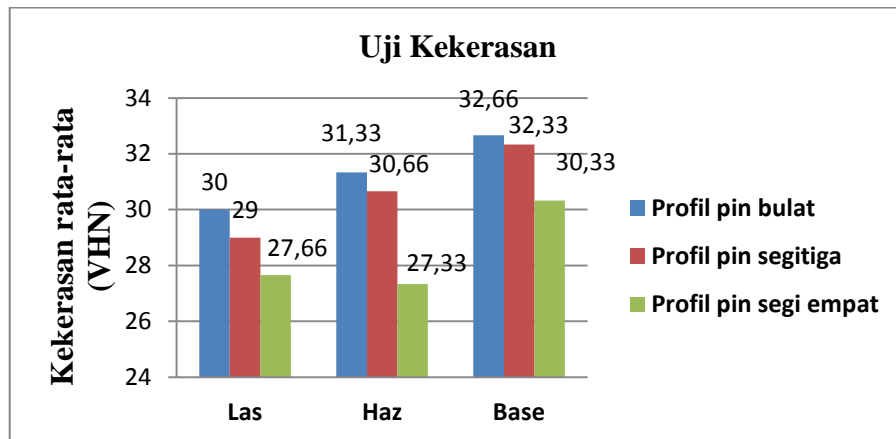
Dari hubungan profil pin dan tegangan menunjukkan bahwa kekuatan tertinggi terdapat pada profil pin segiempat yaitu sebesar 97,97 Mpa, dan kekuatan terendah pada pin penampang bulat yaitu sebesar 72.28 Mpa. Hal ini dikarenakan adanya pengadukan material lunak yang merata sesuai dengan bentuk profil pin yang digunakan. Aluminium *alloy* 1100 dengan pengelasan pin penampang bulat didapatkan nilai kekuatan tarik yang rendah karena pengadukan material lunak yang tidak merata sehingga adanya cacat yang akan mengurangi nilai kekuatan tarik las.

Dari hubungan profil pin dengan regangan menunjukkan bahwa kekuatan tertinggi terdapat pada profil pin penampang segiempat dengan 18,34 %, diikuti dengan pin penampang segitiga dengan 15,30 % dan nilai regangan terendah di peroleh pin penampang bulat dengan 9,12 %. Tinggi rendahnya nilai regangan dikarenakan pertambahan panjang (Δl), jadi apabila pertambahan panjang (Δl) makin tinggi maka nilai regangan juga semakin tinggi.

3.2 Data Hasil Uji Kekerasan dan Pembahasannya

Tabel 3. data hasil uji kekerasan vickers (VHN)

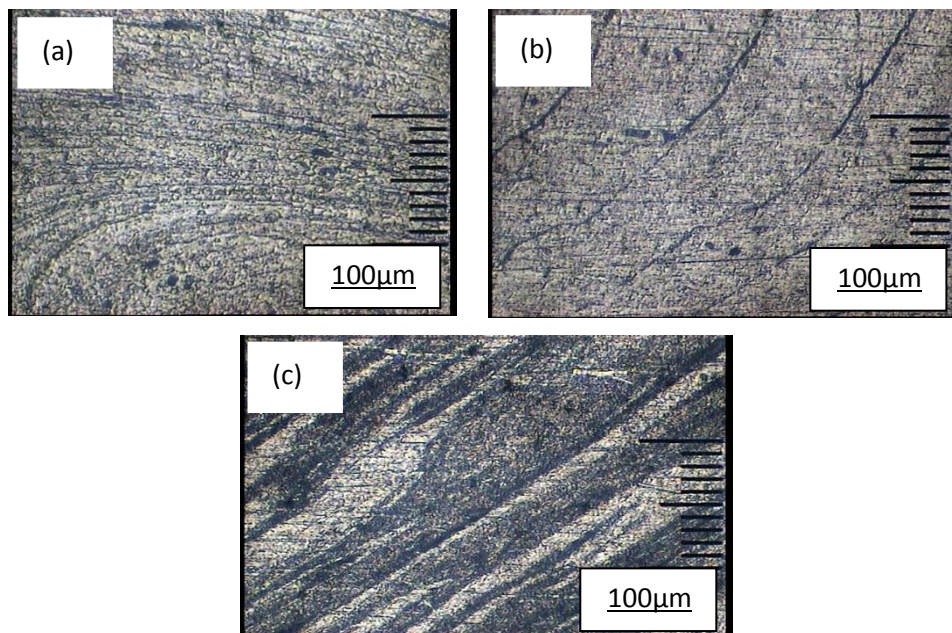
Perlakuan	Daerah	D1(μm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan rata-rata (VHN)
Pin Bulat	Las	79	30	30
		78	30	
		79	30	
	Haz	75	33	31.33
		78	30	
		77	31	
	Base	76	32	32.66
		76	32	
		74	34	
Pin Segitiga	Las	80	29	29
		80	29	
		80	29	
	Haz	76	32	30.66
		78	30	
		78	30	
	Base	76	32	32.33
		76	32	
		75	33	
Pin Segiempat	Las	81	28	27.66
		82	28	
		83	27	
	Haz	83	27	27.33
		83	27	
		81	28	
	Base	78	30	30.33
		77	31	
		78	30	



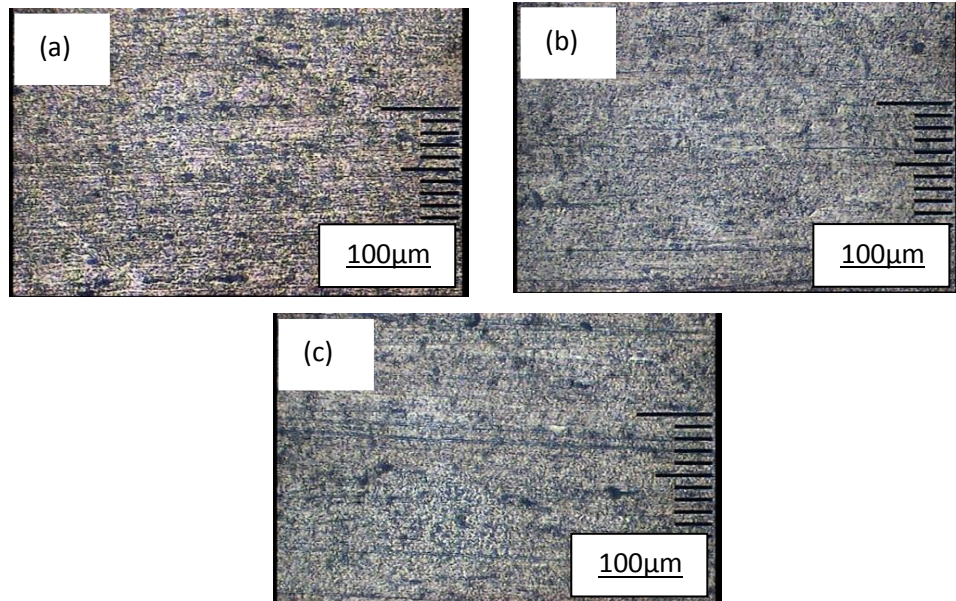
Gambar 12. Hubungan antara kekerasan dengan profil pin

Dari histogram diatas menunjukan nilai-nilai kekerasan tiap profil pin pada daerah las, Haz, dan Base. Perbedaan nilai kekerasan dipengaruhi oleh pemanasan awal sebelum dilakukan pengelasan *Friction stir welding* (FSW) pada aluminium alloy 1100. Kekerasan rata-rata tertinggi pada setiap profil pin terdapat pada base metal, karena base metal tidak terpengaruh pengelasan baik itu panas maupun adukan sehingga tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur maupun sifat pada logam.

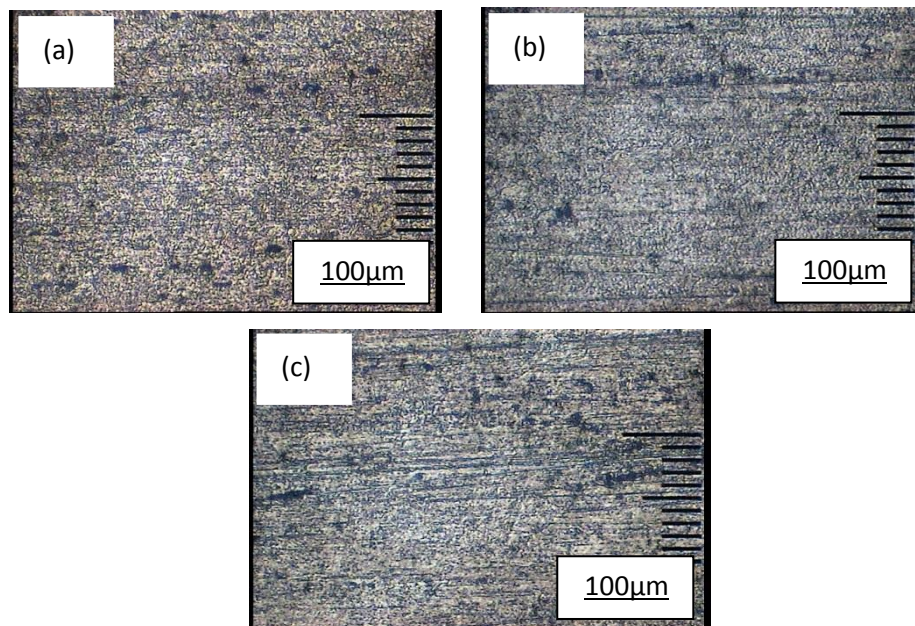
3.3 Data Hasil Foto Struktur Mikro dan Pembahasannya



Gambar 13. Foto mikro daerah Las (a) Profil pin bulat, (b) Profil pin segitiga, (c) Profil pin segiempat (Pembesaran 100x)



Gambar 14. Foto mikro daerah Haz (a) Profil pin bulat, (b) Profil pin segitiga, (c) Profil pin segiempat (Pembesaran 100x)



Gambar 15. Foto mikro daerah Base (a) Profil pin bulat, (b) Profil pin segitiga, (c) Profil pin segiempat (Pembesaran 100x)

Dari pengamatan struktur mikro yang menggunakan profil pin bulat, profil pin segitiga, profil pin segiempat akan terlihat adanya daerah gelap dan daerah terang. Daerah terang merupakan fasa Al dan daerah

gelap merupakan fasa FeAl_3 . Dengan perlakuan panas sebelum pengelasan *friction stir welding* (FSW) membuat struktur mikro material mengalami perubahan, yaitu perubahan ukuran butir tergantung dari karakteristik material, suhu, lama pemanasan, dan laju pendinginan.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

- 1) Dari hasil sambungan setelah pengelasan FSW (*Friction Stir Welding*) menggunakan profil pin bulat, profil pin segitiga, dan profil pin segiempat didapat kontur permukaan yang kurang begitu halus dan terdapat cacat las berupa rongga pada profil pin bulat.
- 2) Dari data pengujian tarik, menunjukkan bahwa pada pengelasan *friction stir welding* (FSW) tanpa perlakuan panas (*RAW*) memiliki nilai tegangan tarik sebesar 116.23 Mpa, sementara nilai rata-rata untuk profil pin bulat 72.28 Mpa, profil pin segitiga 97.21 Mpa, profil pin segiempat 97.97 Mpa. Dan untuk regangan rata-rata pada profil pin bulat sebesar 9.12 %, profil pin segitiga sebesar 15.3 %, sementara untuk profil pin segiempat sebesar 18.34 %. Dengan hasil ini dapat diketahui nilai tegangan rata-rata tertinggi terdapat pada profil pin segiempat dan rata-rata regangan tertinggi pada profil pin segiempat 18.34 %.
- 3) Dari data pengujian kekerasan, pada daerah Las (*Weld Nugget*), Haz, Base metal masing-masing memiliki nilai kekerasan tertinggi pada profil pin bulat yaitu sebesar 30 VHN, 33 VHN, dan 34 VHN. Proses *preheating* mempengaruhi nilai kekerasan di daerah *Weld Nugget* dimana daerah tersebut merupakan daerah terjadinya patahan saat diuji tarik.
- 4) Dari hasil foto struktur mikro, setelah proses pengelasan FSW material mengalami perubahan butir dikarenakan beberapa faktor antara lain karakteristik material, suhu, laju pengelasan, dan adukan saat proses

pengelasan berlangsung. Di samping itu proses *preheating* juga sangat mempengaruhi bentuk butiran pada material.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal antara lain :

- 1) Pengelasan *Friction Stir Welding* yang kami lakukan menggunakan *Rotation Speed* 1500 rpm dengan *Feedrate* 60 mm/menit dan dengan titl angel 3°. Jika pembaca ingin melakukan pengelasan menggunakan *Friction Stir Welding* mungkin bisa menggunakan *Rotation Speed*, *Feedrate*, dan *titl angle* diatasnya atau dibawahnya agar bisa menjadi pembanding untuk mendapatkan hasil yang terbaik.
- 2) Dari pengelasan *Friction Stir Welding* yang telah kami lakukan dengan pemanasan awal 200° C. Mungkin pembaca bisa melakukan dengan temperature 250° C atau lebih agar bisa menjadi pembanding untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
- 3) Dari pengujian foto struktur mikro yang kami lakukan menggunakan pembesaran 100 kali, mungkin pembaca bisa menggunakan pembesaran 200 kali agar mendapatkan hasil yang lebih jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Metals Handbook Commite, 1990. *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-purpose Materials*, Volume 09. ASM International. The Materials Information Company.
- Freeman, R., 2003, *Friction Stir Welding* (FSW), TWI Bulletin, September-October 2003, The Welding Institute (TWI) Inggris.
- Handika, Radians Tri. 2016. *Pengaruh profil pin dan temperatur preheating terhadap sifat mekanik dan struktur mikro*. Fakultas Teknik, Universitas Surakarta.
- Irfan Helmi. Tarmizi. 2017. *Pengaruh bentuk pin terhadap sifat mekanik aluminium 5083 H112 Hasil proses Friction Stir Welding*, Balai Logam dan Mesin Bandung.
- Khoirul Huda, 2018. *Study pengelasan Friction Stir Welding (FSW) Pada AA-2024 dengan Fe menggunakan variasi Fead rate 30^{mm}/menit, 40^{mm}/menit, dan 50^{mm}/menit*, Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Muku, 2009. *Kekuatan sambungan las aluminium seri 1100 dengan variasi kuat arus listrik pada proses las metal inert gas*, Jurnal ilmiah teknik mesin, Universitas Udayana, Badung, Bali.
- Romadhona, I., 2018, *Studi Pengelasan Friction Stir Welding pada AA-1100 dengan Fe menggunakan Variasi Feedrate 25 mm/menit, 30 mm/menit, dan 40 mm/menit*, Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sudrajat, A, Sumarji., dan Darsin, M., 2012, *Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 dengan Metode Friction Stir Welding (FSW)*, Journal ROTOR Vol 5 Nomor 1.
- Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Triyoko, D., 2016, *Analisa Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Sambungan las Beda Properties Aluminium dengan Metode Friction Stir Welding*, Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Tarmizi, Boy Prayoga. 2016. *Analisa sifat mekanik dan struktur mikro pada proses Friction Stir Welding Aluminium 5052*. Jurusan Teknik Metalurgi, Unjani Bandung.
- Wirjosumarto, H., Okumura, T., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta : PT Pradnya Paramita.